

Impactos da mudança de leiaute em uma linha de produção: um estudo de caso em uma empresa de refrigeração industrial

Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha, Eduardo da Cunha, Guilherme Dering Barddal, Derek Voigt, Nelson Casarotto Filho

Resumo: Uma das principais preocupações organizacionais é o lucro que conseguirão em determinado período. A sobrevivência organizacional depende diretamente deste resultado, por isso profissionais e pesquisadores têm empenhado consideráveis esforços ao longo dos anos com o objetivo de maximizar o lucro das organizações. No entanto, quando as organizações em análise são manufatureiras, o estudo do leiaute possui destacada importância, uma vez que tem impacto direto na eficiência e fluidez do sistema produtivo, podendo comprometer o desempenho operacional da organização, bem como o resultado que se espera maximizar, o lucro. A presente pesquisa tem por objetivo, verificar os impactos da mudança de leiaute em uma linha de produção de uma empresa que atua no segmento de equipamentos de refrigeração. Os resultados do estudo de caso, mostram que parte dos problemas de produtividade, estavam relacionados com o fluxo de processo e com o leiaute utilizado, o novo leiaute trouxe melhores resultados em termos de horas trabalhadas e produtos entregues, a produtividade geral da linha aumentou cerca de 40%, conseqüentemente a organização passou a desfrutar de melhores resultados financeiros.

Palavras chave: Leiaute, Produção, Refrigeração Industrial.

Impacts of layout change on a production line: a case study in an industrial refrigeration company

Abstract: One of the main organizational concerns is the profit they will make in a given period. Organizational survival depends directly on this outcome, so professionals and researchers have made considerable efforts over the years to maximize organizations' profits. However, when the organizations under analysis are manufacturers, the study of the layout is of great importance, as it has a direct impact on the efficiency and flow of the production system and may compromise the operational performance of the organization as well as the expected result, the profit. This research aims to verify the impacts of layout change in a production line of a company that operates in the refrigeration equipment segment. The case study results show that part of the productivity issues were related to the process flow and layout used, the new layout brought better results in terms of hours worked and products delivered, overall line productivity increased by about 40%, consequently the organization started to enjoy better financial results.

Key-words: Layout, Production, Industrial Refrigeration.

1. Introdução

As organizações estão inseridas em ambientes extremamente dinâmicos e com alto índice de incertezas, nesse contexto é necessário o aperfeiçoamento contínuo de práticas de gestão. Na busca por oportunidades de melhorias, o estudo do leiaute torna-se cada vez mais relevante, uma vez que é parte integrante da área de manufatura e apresenta um impacto considerável nos custos e na minimização das distâncias para a eficiência operacional (SILVA; MORAIS; FERNANDES, 2012).

A competitividade exige constante aprimoramento das práticas de manufatura e do aperfeiçoamento da logística, utilizando, assim, ferramentas de integração que proporcionem desempenho mais eficaz, seleção de leiaute mais adequado, entre outros. O posicionamento físico dos recursos de transformação, como homens, máquinas e equipamentos, destaca-se como um dos principais desafios na gestão industrial (FERREIRA; REAES, 2013).

Nesse sentido, o objetivo deste artigo é verificar os impactos da mudança de leiaute em uma linha de produção de uma empresa que atua no segmento de equipamentos de refrigeração. Para atingir tal objetivo foi realizada uma análise comparativa das condições antes e depois da mudança de leiaute.

Além da introdução o artigo possui mais quatro seções. A seção dois apresenta a metodologia empregada para o desenvolvimento da pesquisa. A seção três aborda a fundamentação teórica empregada na elaboração do artigo. Na seção quatro são apresentados os resultados do estudo e por fim, na seção cinco, as considerações finais.

2. Procedimentos metodológicos

Para se realizar uma boa pesquisa, é necessária uma metodologia satisfatória. Conforme Marconi e Lakatos (2003), uma pesquisa científica é aquela que analisa uma situação ou problema a partir de um referencial teórico. Com isto em mente, o referencial teórico aborda os principais temas relacionados à pesquisa em questão.

O método de pesquisa utilizado é o estudo, que segue a metodologia proposta por Gil (2002). Os instrumentos utilizados para o levantamento de dados foram a observação direta e a análise documental. A partir dos dados coletados, realiza-se uma análise, na sequência os resultados são apresentados.

3. Referencial teórico

A presente seção tem por finalidade apresentar a estrutura teórica que suporta a presente pesquisa, para tal, julgou-se necessário abordar os seguintes tópicos: Leiaute Industrial e Diagrama de Ishikawa.

3.1 Leiaute Industrial

O leiaute é fundamental para a eficiência e fluidez do processo produtivo, define como será a produção além de ser a parte mais visível e exposta de uma empresa (PEINADO; GRAEML, 2007). Nesse sentido Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) complementam que os leiautes afetam o fluxo de trabalho entre os processos em uma organização, assim como suas interligações com outros lugares da cadeia de valor.

Há várias definições de leiaute (arranjo físico), todas análogas, complementares e alinhadas entre si. Slack et al. (2006) definem leiaute de uma operação produtiva como a preocupação com a localização física dos recursos de transformação.

De forma simples, definir o leiaute é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. Stevenson (2001) considera que o leiaute é a configuração de departamentos, de centros de trabalho e de instalações e equipamentos, com ênfase especial na movimentação otimizada, através do sistema, dos elementos aos quais se aplica o trabalho.

Já Moreira (1998) lembra que planejar o leiaute significa tomar decisões sobre a forma de como serão dispostos os centros de trabalho que aí devem permanecer. Gaither e Frazier (2006) afirmam que definir o arranjo físico significa planejar a localização de todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais, corredores, banheiros, refeitórios, bebedouros, divisórias internas, escritórios e salas de computador, e ainda os padrões de fluxo de materiais e de pessoas que circulam o prédio.

Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) consideram, que o planejamento do leiaute envolve decisões sobre a disposição dos centros de atividade econômica em uma unidade e definem centro de atividade econômica como qualquer coisa que utilize espaço: uma pessoa, um grupo de pessoas, o balcão de um caixa, uma máquina, uma banca de trabalho e assim por diante. Gurgel (2003), em seu glossário de engenharia de produção, define leiaute como sendo a arte e a ciência de se converter os elementos complexos e interrelacionados da organização da manufatura e facilidades físicas em uma estrutura capaz de atingir os objetivos da empresa pela otimização entre a geração de custos e de lucros.

O leiaute escolhido para certa linha de produção deve ser capaz de produzir os produtos rapidamente e entregá-los no tempo certo (GAITHER; FRAZIER, 2006). Peinado e Graeml (2007) acrescentam que o leiaute também deve propiciar o bem-estar aos colaboradores. Assim, é comum, em alguns casos, que arquitetos, decoradores e paisagistas participem do planejamento e definição do leiaute.

Segundo Meller e Gau (1996), o objetivo do leiaute é minimizar os custos de manuseio de material. Gaither e Frazier (2006) também mostram que o arranjo físico almeja certos objetivos. Dentre eles estão o fornecimento de suficiente capacidade produtiva, a redução de custos de manuseio de material e fornecer flexibilidade e volume à produção.

Peinado e Graeml (2007) defendem que se deve considerar um novo planejamento e estudo de um arranjo físico em quatro situações:

- Necessidade de expansão da capacidade produtiva: uma empresa aumenta sua capacidade quando instala mais máquina ou substitui por máquinas mais eficientes. Em ambos os casos é necessário reformular o arranjo físico para acomodar essas novas máquinas;
- Elevado custo operacional: um arranjo físico inadequado irá refletir em problemas de produtividade ou nível baixo de qualidade;
- Introdução de nova linha de produtos: quando um novo produto necessita de uma nova linha de produção, o leiaute deverá ser rearranjado;
- Melhoria do ambiente de trabalho: o local de trabalho e as condições físicas de trabalho, principalmente as relacionadas a ergonomia, podem ser motivadores ou desmotivadores. Em caso de uma situação negativa, deve-se ter um novo planejamento.

Os mesmos autores também escrevem sobre cinco princípios básicos a serem considerados na formulação de um leiaute. São eles:

- Segurança: processos perigosos e saídas de emergência devem estar bem sinalizados e com livre caminho para o fácil acesso e socorro;

- Economia de movimentos: deve-se procurar minimizar as distâncias percorridas pelos recursos transformados. A extensão do fluxo deve ser a menor possível;
- Flexibilidade de longo prazo: o novo leiaute deve possibilitar mudanças sempre que houver a necessidade de mudar as operações e processos;
- Princípio de progressividade: o leiaute deve ter um sentido definido a ser percorrido, evitando retornos ou caminhos aleatórios; e
- Uso do espaço: é necessário o uso adequado do espaço de trabalho disponível.

Existem alguns tipos de leiaute a serem considerados. Todos dependem da aplicação e do sistema de produção que serão inseridos. Eles já são bem conhecidos e definidos pelos estudiosos. Gaither e Frazier (2006), Peinado e Graeml (2007), Slack et al. (2006), Martins e Laugeni (2005) e Burbidge (1971) são alguns deles que escrevem sobre o assunto. Há cinco tipos de leiaute: por produto, por processo, celular, por posição fixa e misto.

O primeiro tipo é o leiaute por produto. Nele, as máquinas, equipamentos e estações de trabalho estão dispostos de acordo com a sequência de operações, sem caminhos alternativos. São utilizadas máquinas especializadas para produtos com alto nível de padronização. É indicado para produção de pouco ou nenhuma diversificação, com pouca variação de demanda e em grande quantidade. A possibilidade de produção em massa com grande produtividade, carga de máquina e consumo de material constantes ao longo da linha de produção e fácil controle de produtividade são algumas vantagens do leiaute por produto. Entretanto, o alto investimento no maquinário, o tédio gerado nos colaboradores, a falta de flexibilidade da própria linha e a fragilidade a paralisações e subordinação aos gargalos são desvantagens que devem ser cuidadosamente consideradas.

O leiaute por processo agrupa todos os processos e equipamento semelhantes, assim como operações ou montagens semelhantes em uma mesma área. Assim, o material se desloca buscando os diferentes processos. Exigem um planejamento contínuo, programação e funções de controle para assegurar uma quantidade ótima de trabalho em cada departamento e em cada estação de trabalho e possui grandes estoques de produtos em processo. Suas vantagens são que tem grande flexibilidade para atender as mudanças de mercado, gera um bom nível de motivação nos colaboradores, atende produtos diversificados em quantidades variáveis simultaneamente, necessita de um menor investimento na instalação do parque industrial e possibilita maior margem do produto. Suas desvantagens, por sua vez, são que tem um fluxo de movimentação longo, pouca expectativa e imprecisa previsão de produção, grande dificuldade de balanceamento de produção, exigência de mão-de-obra versátil e qualificada e maior necessidade de preparo e setup das máquinas.

Um leiaute que procura juntar as vantagens do leiaute por produto com o leiaute por processo é o leiaute celular. Este busca unir em um mesmo local (chamado de célula) as máquinas necessárias para produzir um produto inteiro. Isto permite um elevado nível de qualidade. Algumas vantagens são que a flexibilidade quanto ao tamanho dos lotes por produto é maior, o transporte de material diminui, os estoques diminuem e há maior satisfação por parte dos colaboradores. Já as desvantagens são que este leiaute é específico para uma família de produtos e há certa dificuldade em elaborá-lo.

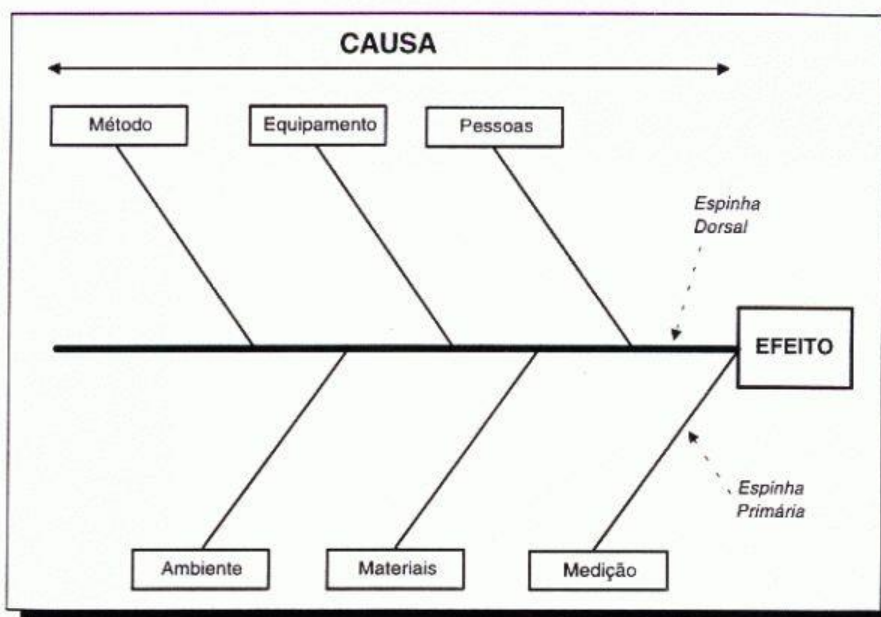
Também há o leiaute por posição fixa. Neste modelo, o produto a ser transformado permanece parado (fixo) em uma determinada posição e os recursos de transformação se deslocam ao seu redor, executando as operações necessárias. É recomendado quando o produto, devido às suas características, exige uma movimentação difícil e complexa. Utilizado quando o produto é único, em quantidade pequena ou unitário e, em geral, não repetitivo. Suas vantagens são que não há movimentação do produto, há softwares de auxílio de montagem, programação e controle e há possibilidade de terceirização do projeto. As desvantagens são que há uma complexidade na supervisão e controle de mão-de-obra, matéria-prima e ferramentas, há necessidade de áreas externas próximas à produção para pré-montagem, guarda de materiais, ferramentas e até mesmo abrigo para os colaboradores é adequado para uma produção em pequena escala e baixo grau de padronização.

Além desses tipos previamente expostos, também é possível combiná-los. Assim dá-se o leiaute misto, em que é combinado dois ou mais tipos de leiaute, aproveitando suas vantagens. Não é muito utilizado pela indústria, devido a sua complexidade de planejamento e implementação. O planejamento do leiaute pode se tornar algo complexo e pouco trivial. Devido a isto, desenvolveu-se modelos matemáticos e programas computacionais para auxiliar na concepção e planejamento do mesmo (CANEN; WILLIAMSON, 1996).

3.2 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou também como diagrama espinha de peixe, é um método que auxilia na identificação, exploração e apresentação da causa de um problema específico, sendo muito utilizado em programas de melhorias (SLACK et al., 2006; PEINADO; GRAEML, 2007).

Sua estrutura é dividida em áreas que, de maneira geral, estão ligadas aos problemas nas organizações de manufatura (PENINADO; GRAEML, 2007). Estas áreas são conhecidas como os seis “M”: mão-de-obra, materiais, máquinas, medidas, meio ambiente e métodos. Em algumas ocasiões estas áreas são identificadas com seus sinônimos, conforme figura 1.



Fonte: Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa)
 Figura 1 - Diagrama de Ishikawa

Este diagrama é uma ferramenta muito útil para identificar, explorar e exibir graficamente e em detalhes as causas de um problema com o objetivo de descobrir sua verdadeira raiz (PEINADO; GRAEML, 2007).

Slack et al. (2006) sugerem algumas dicas para um melhor uso desta ferramenta:

- Usar um diagrama para cada problema para que não haja confusão combinando vários problemas em um único diagrama.
- Assegurar que os diagramas estejam visíveis a todos os indivíduos envolvidos.
- Não sobrepor diagramas, usando um para cada categoria.
- Estar preparado para retrabalhar, separar, refinar e mudar categorias.
- Não usar expressões vagas, escrevendo claramente as causas do problema.
- Identificar as causas que são significativas.

4. ESTUDO DE CASO

A empresa objeto do estudo está localizada na região metropolitana de Curitiba – PR, atua no segmento de equipamentos de refrigeração industrial e conta com mais de 100 colaboradores diretos. Possui diferentes tipos de produtos e serviços, no entanto os equipamentos de refrigeração do tipo cascata, figura 2, possuem maior volume e seus principais clientes são supermercados.



Figura 2 – Sistema de refrigeração em cascata

O sistema produtivo utilizado é o sob encomenda, caracterizado por baixas demanda e volume de produção, altas flexibilidade e variedade de produto, longo lead time produtivo e elevados custos. Uma vez que o produto é customizado de acordo com cada cliente.

A figura 3 apresenta a quantidade de dias utilizados na produção de alguns equipamentos da empresa objeto do estudo, além de mostrar a classificação dos equipamentos quanto à sua complexidade. De maneira geral, os equipamentos de baixa complexidade possuem *lead time* variando entre 7 e 13,8 dias, os de média complexidade levam 15 dias para serem produzidos, enquanto os mais complexos variam de 15,3 a 25,7 dias para a produção. Com isso, pode-se concluir que, de maneira geral, quanto mais complexo é o equipamento mais dias são necessários para sua produção.



Fonte: Autor (2018)

Figura 3 - Quantidade de dias utilizados para produção de um equipamento.

A Figura 3 também mostra em sua legenda a separação por pontos feita pela empresa, a fim de medir a produtividade geral da linha produtiva. Os equipamentos simples recebem um ponto de complexidade, os intermediários dois e os complexos três. Dessa maneira, é possível medir o desempenho da linha pela contagem de pontos de complexidade produzidos em um determinado período de tempo.

Outra característica dessa empresa é que ela trabalha sob encomenda, o que acarreta baixa demanda e volume de produção, alta flexibilidade e variabilidade do produto, longo lead time e altos custos. Essa característica tem um ponto positivo muito forte para a competitividade do negócio, que é o fato de facilitar a customização dos produtos de acordo com a necessidade do cliente.

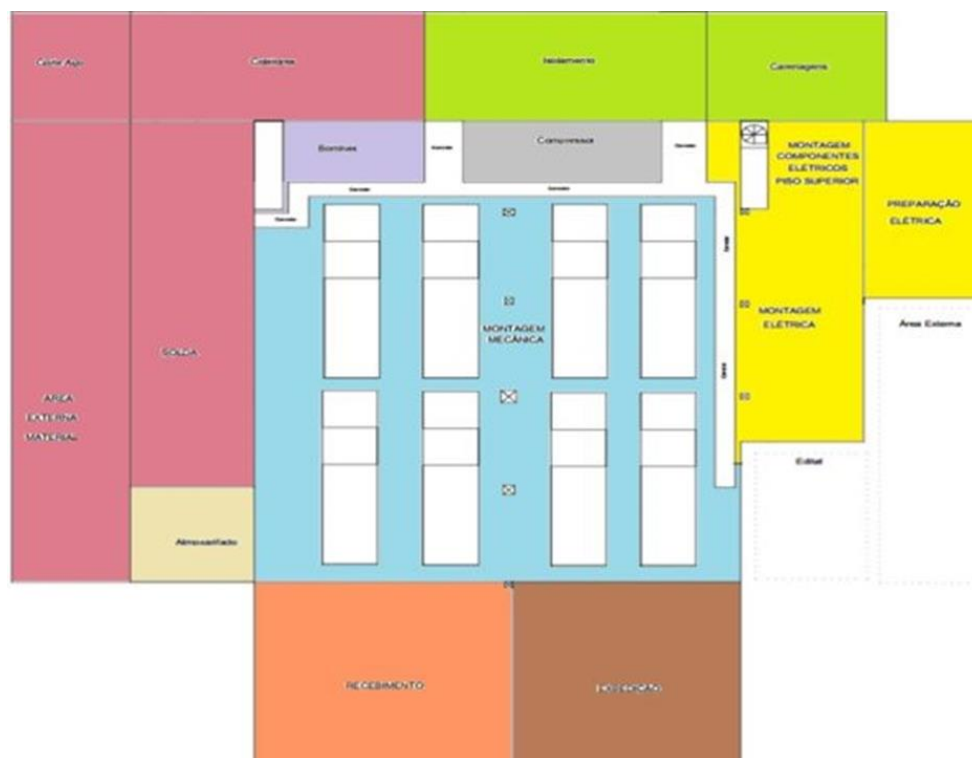


Figura 4 - Leiaute da linha de produção de equipamentos refrigeradores.

O leiaute da linha de produção, conforme mostra a figura 4, é baseado em um leiaute por posição fixa. Os refrigeradores em construção permanecem parados na área azul, e a produção de seus subprodutos ocorre nas outras áreas do leiaute. Na parte vermelha, as operações de corte de aço, solda e produção de coletores são realizadas. Na parte verde, a parte de isolamento e carenagens é produzida. Por fim, a preparação elétrica acontece na parte amarela do leiaute, bem como a montagem elétrica de componentes e a montagem elétrica geral do produto. Cada parte do leiaute envia seus subprodutos para a montagem mecânica do material, na parte central, onde ocorre a montagem final e posterior expedição do equipamento para o cliente.

Levando em conta a contextualização acima, a empresa percebeu que havia uma baixa produtividade em sua planta e que precisava de mudanças para melhor atender os seus clientes. Para resolver o problema da baixa de produtividade, foi utilizado o método de Ishikawa, comumente conhecido como espinha de peixe, para entender as causas da baixa produtividade fabril. Com isso, foram levantadas as causas e foram propostas soluções e ações para atacar as causas.

Como resultado dessa ação, chegou-se à conclusão de que um terço dos problemas de produtividade estavam relacionados com o fluxo de processo e com o leiaute criado através desse fluxo. Para resolver o problema, foi definido que o fluxo de processo seria revisto e, posteriormente, um novo conceito de leiaute seria utilizado baseado no novo fluxo de processo.

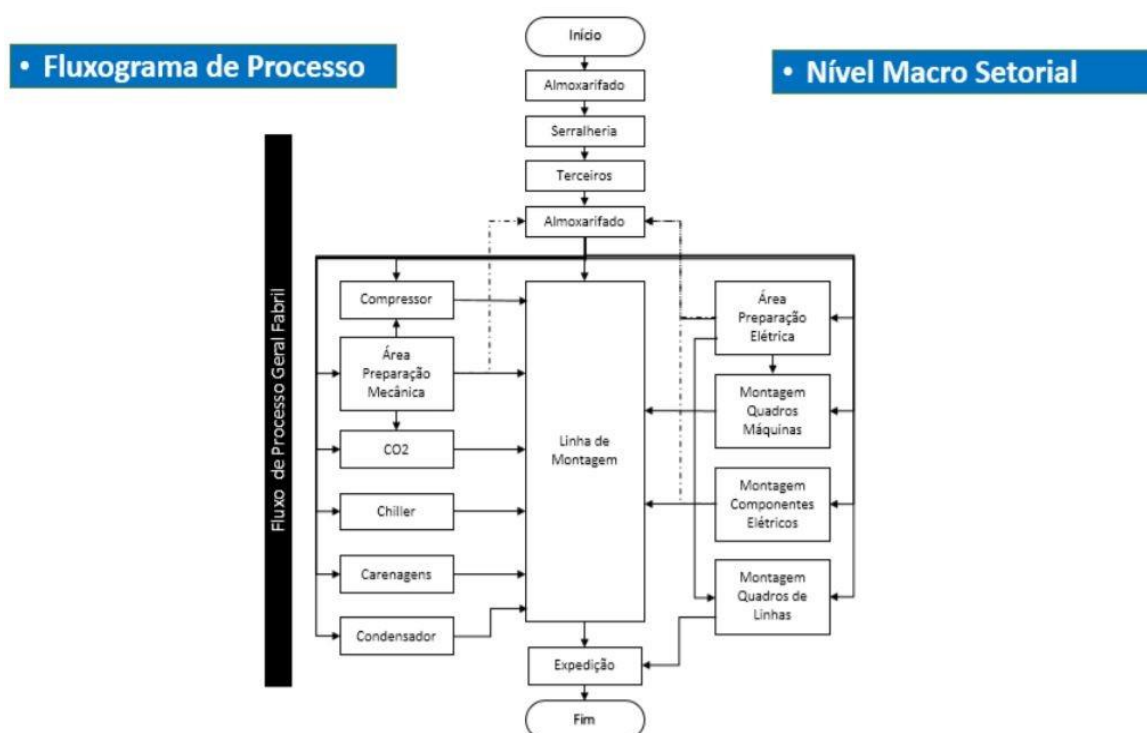


Figura 5 - Novo fluxograma de processo definido após o diagrama de Ishikawa.

A figura 5 mostra o novo fluxo de processo de montagem dos equipamentos de refrigeração fabricados pela empresa. Pode-se perceber que o novo fluxo de processo ficou bem definido e separado em módulos dos equipamentos, como, por exemplo, carenagens, condensador e compressor. Com essa definição, o leiaute começou a ser desenhado de forma a atender todas as etapas do processo produtivo da melhor forma possível.

O novo leiaute da empresa passou a ser misto, contendo partes que trabalham como pequenas células e outras partes que funcionam em um leiaute por produto. Essa mudança fez com que ocorresse uma maior padronização do trabalho nas células em comparação com a visão macro anteriormente exposta, fato que ocasionou um ganho de produtividade.



Figura 6 - Novo leiaute definido para a produção dos equipamentos de refrigeração.

A Figura 6 mostra o novo leiaute da produção dos equipamentos de refrigeração, desenhado com auxílio de um programa específico para esse fim. A parte verde da figura refere-se ao leiaute por produto. Nela, o equipamento começa a ser montada na extremidade direita da figura e, a medida que sua montagem vai evoluindo, o produto vai andando para a próxima etapa. As demais partes coloridas do leiaute trabalham como células. Nessas células, pequenas montagens ou subprodutos são produzidos a fim de abastecer a montagem principal dos equipamentos.

A mudança de leiaute trouxe um aumento de produtividade imediato a partir de sua implementação. Esses resultados foram medidos através da produção de pontos de complexidade, pontos de complexidade produzidos por funcionário e em horas trabalhadas por ponto de complexidade.



Figura 7 - Resultados da mudança de leiaute medidos em função de pontos de complexidade produzidos.

Pode-se perceber na figura 7 que a mudança de leiaute teve um impacto positivo na produtividade da linha de produção. Primeiramente, de 2014 para 2015 houve uma redução de 162,6 horas de trabalho para a produção de um ponto de complexidade. Essa redução equivale a aproximadamente 20% da produtividade atingida em 2014. Além disso, os pontos de complexidade produzidos por um funcionário também aumentaram, saltando dos 1,26 para 1,54. O impacto positivo da mudança de leiaute foi comprovado por tal medição.

Além disso, a produção de pontos de complexidade saltou de 73, em 2014, para 103 em 2015. Isso equivale a uma produção 41% maior em relação à 2014. De modo geral, a mudança de leiaute impactou a produtividade da empresa em todos os seus níveis.

5. Conclusão

As organizações vêm passando por transformações a fim de atingir o melhor desempenho com os menores custos possíveis. Uma das formas de se fazer isso é alterando os seus processos produtivos e a forma com que eles são organizados. Nesse sentido, o leiaute tem grande impacto na produtividade de uma empresa.

A pesquisa abordou a mudança de leiaute produtivo de uma empresa de produção de equipamentos de refrigeração situada em Curitiba e que apresentava problemas de produtividade. As causas do problema foram encontradas através do Diagrama de Ishikawa e levaram a conclusão de que o fluxograma de processo produtivo precisava ser redesenhado, bem como o leiaute precisava ser alterado para melhorar os níveis de produtividade.

Após a mudança, foi constatado que a produção de pontos de complexidade aumentou em 40% e a produtividade dos funcionários aumentou cerca de 20%. Com isso, ficou comprovado o efeito positivo da mudança de layout nessa indústria.

Referências

BURBIDGE, J. L. Production flow analysis. **The Production Engineer**, v. 50, n. 8, p. 139–152, 1971.

CANEN, A. G.; WILLIAMSON, G. H. Facility layout overview: towards competitive advantage. **Journal of Facilities Management Facilities**, v. 148, n. 11, p. 5–10, 1996. PT. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/02632779610129104//doi.org/10.1108/02632779810221262%22%3Ehttps://>>. Acesso em: 23/10/2017.

Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa). Disponível em: <<https://valeriagabassa.wordpress.com/2012/10/24/diagrama-de-causa-e-efeito-diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 2/12/2017.

FERREIRA, J. C. E; REAES, P. A. Performance comparison of the virtual cell layout with cellular and job shop configurations using simulation and design of experiments. In: 9th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. **IEE CASE**, Madison, Wisconsin, EUA: IEEE Robotics and Automation Society, p.795-800, 2013.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8a ed. São Paulo: Thomson, 2006.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4a ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GURGEL, F. A. **Glossário de engenharia de produção**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2003.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. Administração de Produção e Operações. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MELLER, R. D.; GAU, K.-Y. The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspectives. **Journal of Manufacturing Systems Trends and Perspectives**, v. 15, n. 5, p. 351–364, 1996.

MOREIRA, D. A. **Introdução à administração da produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

SILVA C. S.; MORAIS, M. C.; FERNANDES, F. A. A practical methodology for cellular manufacturing systems design - An industrial study. **Transaction on Control and Mechanical Systems**, v. 2, n.4, p. 198- 211, 2012.

SLACK, N.; CHOMBERS, S.; HORLOND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção** - Edição Compacta. 1a ed. São Paulo: Atlas, 2006.

STEVENSON, W. J. **Administração das Operações de Produção**. LTC. 6 ed. Rio de Janeiro: 2001.